

PATENT

Docket No. 13016/100001

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

APPLICANT : Arthur SCHAUB

SERIAL NO. : (To be assigned)

FILED : (Herewith)

FOR : SIGNAL PROCESSING IN A HEARING AID

COMMISSIONER FOR PATENTS

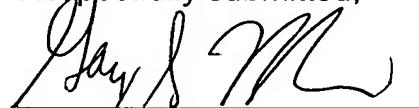
P. O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313

**CLAIM TO CONVENTION PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119**

SIR:

Applicant hereby claims the Convention Priority Date of European Patent Application No. 03 405 125.0 filed on 26 February 2003. To complete the claim to the Convention Priority Date of said European Patent Application, a certified copy thereof is submitted herewith.

Respectfully submitted,



Gary S. Morris  
(Reg. No. 40,735)

Dated: 24 February 2004

KENYON & KENYON  
1500 K Street, N.W., Suite 700  
Washington, DC 20005-1257

Tel: (202) 220-4200  
Fax: (202) 220-4201

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

**Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°**

03405125.0

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Anmeldung Nr:  
Application no.: 03405125.0  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 26.02.03  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Bernafon AG  
Morgenstrasse 131  
3018 Bern  
SUISSE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Signalverarbeitung in einem Hörgerät

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s) revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H04R25/00

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT SE SI SK TR LI

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## **SIGNALVERARBEITUNG IN EINEM HÖRGERÄT**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Signalverarbeitung in einem Hörgerät gemäss den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche. Die Erfindung eignet sich insbesondere zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit

- 5 durch Unterdrückung von Störlärm bei Hörhilfen bzw. Hörgeräten.

## **STAND DER TECHNIK**

- 10 Ein gattungsgemässes Verfahren ist beispielsweise aus der EP 1 067 821 A1 bekannt, deren Inhalt hiermit in diese Anmeldung aufgenommen wird. Darin wird eine Hörhilfe beschrieben, in welcher eine Unterdrückung von Störlärm in einem Eingangssignal in einem Hauptsignalpfad erfolgt, der weder eine Transformation in den Frequenzbereich noch eine Aufteilung in Teilbandsignale, sondern lediglich ein
- 15 Unterdrückungsfilter aufweist. Eine Übertragungsfunktion des Unterdrückungsfilters wird periodisch neu bestimmt aufgrund von Abschwächungsfaktoren, die in einem parallel zum Hauptsignalpfad liegenden Signalanalysepfad ermittelt werden. Die Abschwächungsfaktoren werden zur Abschwächung von Signalkomponenten in Frequenzbändern mit erheblichem Anteil an Störlärm verwendet. Das
- 20 Unterdrückungsfilter ist als Transversalfilter realisiert, dessen Impulsantwort periodisch als gewichtete Summe der Impulsantworten von transversalen

Bandpassfiltern neu berechnet wird. Auf diese Weise wird eine Verarbeitung mit geringer Signalverzögerung möglich.

5

## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Signalverarbeitung in einem Hörgerät der eingangs genannten Art zu schaffen, welche eine höhere Qualität und Verständlichkeit des verarbeiteten Signals realisieren.

10

Diese Aufgabe lösen eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Signalverarbeitung in einem Hörgerät mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 10 sowie ein Hörgerät mit den Merkmalen des Patentanspruchs 20.

15

Im erfindungsgemäßen Verfahren zur Signalverarbeitung in einem Hörgerät

- werden Koeffizienten einer Kompressionsverstärkung, welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals nach Massgabe von frequenzabhängigen Signalpegeln des Eingangssignals beschreiben, bestimmt,
- werden Koeffizienten einer Geräuschunterdrückung, welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals nach Massgabe von im Eingangssignal detektierten Störgeräuschen beschreiben, bestimmt, und
- werden Koeffizienten eines Filters zur Filterung des Eingangssignals aus den Koeffizienten der Kompressionsverstärkung und den Koeffizienten der Geräuschunterdrückung berechnet..

20

Dabei ist mit dem Begriff "Anpassung eines Signals" zusammenfassend sowohl eine Verstärkung als auch eine Abschwächung gemeint.

25

Durch die Erfindung wird es möglich, den Amplitudengang des Filters an wechselnde Sprach- und Störsignale sowie an die Bedürfnisse einer

schlechthörenden Person anzupassen, wobei eine Verzögerungszeit für die Filterung des Eingangssignals klein gehalten wird.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die Kompressionsverstärkung unterschiedliche

5 Verstärkungswerte für verschiedene Frequenzbereiche des Eingangssignal zulässt.

Ein weiterer Vorteil ist, dass nur ein einziges steuerbares Filter sowohl zur Kompressionsverstärkung als auch zur Geräuschunterdrückung verwendet wird.

10 In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung geschieht die Bestimmung der Koeffizienten der Kompressionsverstärkung in einer ersten Menge von Frequenzbereichen  $F_n$  mit  $n=1..N$  des Eingangssignals anhand von Signalpegeln oder Amplitudenkomponenten. Ein Signalpegel wird bestimmt aus einem Teilsignal des Eingangssignals, welches durch Filterung des Eingangssignales und Aufteilung in

15 Teilsignale mit Signalkomponenten in jeweils nur einem Frequenzbereich gebildet wird. Die Signalpegel werden iterativ als momentane Effektivwerte einer Signalleistung in den jeweiligen Frequenzbereichen des Eingangssignals bestimmt. Dadurch wird es möglich, die Kompressionsverstärkung mit einer zeitlichen Auflösung nachzuführen, die einer Abtastrate des Eingangssignals entspricht.

20

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung geschieht die Bestimmung der Koeffizienten  $a_m$  der Geräuschunterdrückung in einer zweiten Menge von Frequenzbereichen  $\Phi_m$  mit  $m=1..M$  des Eingangssignals durch Bestimmung von Modulationstiefen  $d_m$  und durch Bestimmung der Koeffizienten  $a_m$  für jeden der

25 Frequenzbereiche  $\Phi_m$  nach Massgabe der entsprechenden Modulationstiefe  $d_m$ . Dabei werden die Modulationstiefen  $d_m$  aus einer zeitlichen Reihenfolge von Maximal- und Minimalwerten eines Signalpegels  $p_m$  im jeweiligen Frequenzbereich  $\Phi_m$  bestimmt. Dadurch wird es möglich, schwach modulierte, das heisst monotone Störgeräusche selektiv herauszufiltern. Zeitkonstanten für die Anpassung der

Geräuschunterdrückung liegen vorzugsweise im Bereich von um 50 Millisekunden oder darunter.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Frequenzbereiche  $\Phi_m$  5 für die Geräuschunterdrückung klein im Vergleich mit den Frequenzbereichen  $F_n$  für die Kompressionsverstärkung. Es umfasst also mindestens ein Frequenzbereich  $F_n$  zwei oder mehrere Frequenzbereiche  $\Phi_m$ . Dementsprechend weisen Filter zur Bestimmung von Anteilen des Eingangssignals in den Frequenzbereichen  $\Phi_m$  eine grössere Signallaufzeit oder Verzögerung auf als Filter für die Frequenzbereiche  $F_n$ . 10 Dies ermöglicht eine scharfe Aufteilung des Frequenzbereiches zur Unterdrückung von Störungen und gleichzeitig eine schnelle Anpassung der Kompressionsverstärkung an ein wechselndes Sprachsignal. Eine maximal tolerierbare Verzögerung für die Anpassung von Koeffizienten der Kompressionsverstärkung beträgt 5 Millisekunden, bevorzugt werden Werte unter 15 2.5 Millisekunden. Erfindungsgemäss sind Werte unter einer Millisekunde erzielbar.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird das Filter nicht 20 in jedem Abtastintervall exakt an die neu berechneten Koeffizienten nachgeführt. Statt dessen wird es nur gemäss einem oder mehreren geänderten Koeffizienten nachgeführt. Dies erlaubt eine Anpassung mit geringem Rechenaufwand und entsprechend geringem Energieverbrauch. Vorzugsweise geschieht die Anpassung jeweils nur für den oder die Koeffizienten, deren Änderung eine vorgegebene Schwelle überschreiten oder die vergleichsweise gross respektive am grössten ist. Ebenfalls möglich ist eine periodische Änderung je eines oder einiger weniger 25 Koeffizienten oder ein pseudozufälliges Durchlaufen und Anpassen aller Koeffizienten.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird ein Einfluss der 30 Geräuschunterdrückung in der Bestimmung der Koeffizienten für die Kompressionsverstärkung berücksichtigt. Dazu übermittelt ein Mittel zur

Bestimmung von Koeffizienten der Geräuschunterdrückung einem Mittel zur Bestimmung von Koeffizienten der Kompressionsverstärkung Korrekturwerte, welche einer durch die Geräuschunterdrückung verursachten Signalabschwächung entsprechen.

5

Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist die Merkmale des Patentanspruches 10 auf. Ein erfindungsgemässes Hörgerät weist Mittel zur Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens auf.

10 Weitere bevorzugte Ausführungsformen gehen aus den abhängigen Patentansprüchen hervor. Dabei sind Merkmale der Verfahrensansprüche sinngemäss mit den Vorrichtungsansprüchen kombinierbar und umgekehrt.

15

## **KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN**

Im folgenden wird der Erfindungsgegenstand anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen, welche in den beiliegenden Zeichnungen dargestellt sind, näher erläutert. Es zeigen:

20

Figur 1 schematisch eine Struktur der Signalverarbeitung;  
Figur 2 ein Blockdiagramm einer Berechnung von Verstärkungswerten; und  
Figur 3 ein Blockdiagramm einer Berechnung von Abschwächungswerten und Korrekturgrössen gemäss der Erfindung.

25

Die in den Zeichnungen verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezugszeichenliste zusammengefasst aufgelistet. Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

30

## WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Die Figur 1 zeigt schematisch eine Struktur der Signalverarbeitung in einem erfindungsgemässen Hörgerät. Ein Eingangssignal X wird auf ein steuerbares Filter 6, auf ein Mittel zur Bestimmung einer Kompressionsverstärkung 7 und auf ein Mittel zur Bestimmung einer Geräuschunterdrückung 8 geführt. Das steuerbare Filter 6 ist zur Bildung eines Ausgangssignals Y nach Massgabe von Filterkoeffizienten  $c_1..c_M$  ausgebildet.

10 Im Mittel zur Bestimmung der Kompressionsverstärkung 7 wird das Eingangssignal X auf eine erste Filtereinheit 1 geführt. Die erste Filtereinheit 1 ist zur Bestimmung von Signalanteilen  $x_1..x_N$  des Eingangssignals X in einer ersten Menge von Frequenzbereichen  $F_n$  mit  $n=1..N$  ausgebildet. In einer Signalverarbeitung zur Kompressionsverstärkung 3 werden aus den Signalanteilen  $x_1..x_N$  Parameter 15 respektive Koeffizienten oder Anpassungswerte der Kompressionsverstärkung  $g_1..g_M$  berechnet. Diese Koeffizienten werden im Hinblick auf die Verstärkungsfunktion des Hörgerätes auch als *Verstärkungswerte* bezeichnet. Es werden aber auch andere Koeffizienten als Verstärkungswerte bezeichnet.

20 Im Mittel zur Bestimmung der Geräuschunterdrückung 8 wird das Eingangssignal X auf eine zweite Filtereinheit 2 geführt. Die zweite Filtereinheit 2 ist zur Bestimmung von Signalanteilen  $y_1..y_M$  des Eingangssignals X in einer zweiten Menge von Frequenzbereichen  $\Phi_m$  mit  $m=1..M$  ausgebildet. In einer Signalverarbeitung zur Geräuschunterdrückung 4 werden aus den Signalanteilen  $y_1..y_M$  Parameter respektive 25 Koeffizienten oder Anpassungswerte der Geräuschunterdrückung  $a_1..a_M$  berechnet. Diese Koeffizienten werden im Hinblick auf die damit erzielte Geräuschunterdrückung auch als *Abschwächungswerte* bezeichnet.

Die Kombinationseinheit 5 kombiniert die Koeffizienten der Kompressionsverstärkung  $g_1..g_M$  mit den Koeffizienten der Geräuschunterdrückung  $a_1..a_M$  und

berechnet daraus kombinierte logarithmischen Verstärkungswerte  $c_1..c_M$  als Filterkoeffizienten des steuerbaren Filters 6. Vorzugsweise sind die erwähnten Koeffizienten  $g_i, a_i$  und  $c_i$  logarithmisch skaliert und wird in der Kombinationseinheit 5 im wesentlichen eine Subtraktion  $c_m = g_m - a_m$  mit  $m=1..M$  durchgeführt.

5

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung übermittelt die Signalverarbeitung zur Geräuschunterdrückung 4 der Signalverarbeitung zur Kompressionsverstärkung 3 Korrekturwerte  $r_1..r_N$ , welche einer durch die Geräuschunterdrückung verursachten jeweiligen Signalabschwächung in den Frequenzbereichen  $F_1..F_n$  entsprechen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die erste Filtereinheit 1 und die zweite Filtereinheit 2 nicht als separate Einheiten implementiert, sondern als kombinierte Filtereinheit. Beispielsweise wird sequentiell eine Filterung mit breiten Frequenzbändern zur Bestimmung der Signalanteile  $x_1..x_N$  durchgeführt und werden diese gefilterten Signale zur Bestimmung der Signalanteile  $y_1..y_M$  weiter gefiltert.

Die Erfindung in der gezeigten Ausführungsform funktioniert zusammengefasst wie folgt: Das Eingangssignal wird in drei Signalpfade aufgeteilt, einen Hauptsignalpfad mit einem steuerbaren Filter, einen ersten parallelen Signalanalysepfad für die Kompressionsverstärkung und einen zweiten parallelen Signalanalysepfad für die Geräuschunterdrückung.

Figur 2 zeigt ein Blockdiagramm einer Berechnung von Verstärkungswerten in der Signalverarbeitung zur Kompressionsverstärkung 3. Für die Kompressionsverstärkung werden Signalpegel in N relativ wenigen Frequenzbereichen berechnet. Figur 2 zeigt die Berechnung für *einen* dieser N Frequenzbereiche, für die übrigen Frequenzbereiche wird dieselbe Struktur verwendet. Von einem Signalanteil  $x_n$  in diesem Frequenzbereich wird in einem Block 21 eine Signalleistung gebildet,

beispielsweise als laufende Summe von quadrierten Signalwerten. In einem Block 22 wird durch Logarithmierung ein Signalpegel  $p_n$  gebildet. Der Begriff Signalpegel bezeichnet hier also den in einem logarithmischen Zahlenbereich, z.B. in dB, ausgedrückten Effektivwert der momentanen Signalleistung im Frequenzbereich  $F_n$ .

5 Aus dem Signalpegel  $p_n$  wird durch Subtraktion 23 eines Korrekturwertes  $r_n$  ein modifizierter Signalpegel  $p_n'$  berechnet. Auf die Bestimmung von Korrekturwerten  $r_n$  wird weiter unten separat eingegangen. Jedem Frequenzbereich  $F_n$  der Kompressionsverstärkung ist mindestens ein Frequenzbereich  $\Phi_m$  der Geräuschunterdrückung zugeordnet. Für jeden dieser zugeordneten Frequenzbereiche

10 10  $\Phi_m$  (in der Figur 2 sind dies drei, entsprechend Blöcken 24, 24', 24'') ist eine eigene Funktion  $f_m$  vorgegeben, die aus dem modifizierten Signalpegel  $p_n'$  einen Verstärkungswert  $g_m$  berechnet, also

$$g_m = f_m(p_n')$$

15 Diese Funktionen  $f_m$  berücksichtigen einen individuellen Hörverlust und audiologische Erfahrungen. In den Funktionen  $f_m$  enthaltene Parameter, Verstärkungswerte oder Hörkorrekturwerte sind vorzugsweise benutzerspezifisch und beispielsweise in einem EPROM des Hörgeräts gespeichert. Die gesamte Anzahl dieser Funktionen  $f_m$  und der Verstärkungswerte  $g_m$ , also über alle N Frequenzbereiche  $F_n$  der Kompressionsverstärkung, ist gleich der Anzahl M der Frequenzbereiche  $\Phi_m$  der Geräuschunterdrückung.

20 Zielt man darauf ab, leise Phoneme, d.h. Konsonanten, in einem Sprachsignal mehr zu verstärken als laute Phoneme, d.h. Vokale, damit für einen Hörbehinderten möglichst alle Phoneme in kontinuierlich gesprochener Sprache gut hörbar werden, dann müssen die Signalpegel  $p_n$  so ermittelt werden, dass Unterschiede zwischen leisen und lauten aufeinanderfolgenden Phonemen gut erfasst werden. Darüber hinaus müssen die laufend ermittelten Verstärkungswerte  $g_m$  zeitgerecht auf jene Signalabschnitte angewendet werden, in denen sich die zugehörigen Phoneme befinden, d.h. die Verstärkungswerte müssen synchron auf das Audiosignal X einwirken. Eine dermassen schnell, im Rhythmus aufeinanderfolgender Phoneme

wirkende, synchrone Kompressionsverstärkung ergibt nur gute Resultate, wenn die Anzahl separater Frequenzbereiche klein gewählt wird, z.B.  $N \leq 5$ , vorzugsweise  $N \leq 3$ . Sonst werden für die verschiedenen Phoneme charakteristische spektrale Unterschiede zwischen den Frequenzbereichen zu sehr vermindert und damit die 5 Sprachverständlichkeit beeinträchtigt. Die Kompressionsverstärkung mit wenigen, relativ breiten Frequenzbereichen ist mit geringer Verarbeitungsverzögerung in der Größenordnung von 1 Millisekunde möglich, was dem Wunsche einer idealerweise verzögerungsfreien Signalverarbeitung nahe kommt. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Kompressionsverstärkung für nur ein 10 einziges Frequenzband, also für den gesamten Frequenzbereich des Audiosignals gemeinsam durchgeführt. In einer anderen Ausführungsform der Erfindung werden dafür zwei Frequenzbänder verwendet, also  $N=2$ .

Die Signalanalyse zur Bestimmung von Signalpegeln in Frequenzbereichen  $f_n$  für die 15 Kompressionsverstärkung wird vorzugsweise iterativ durchgeführt, wobei für jeden neuen Wert des Eingangssignals aktuelle Signalpegel bestimmt werden. Dazu werden vorzugsweise rekursive Signalanalyseverfahren verwendet. Beispielsweise wird iterativ der quadratische Mittelwert des Signals  $x[k]$  zum k-ten Abtastzeitpunkt als

$$20 \quad s[k] = s[k-1] + \varepsilon \cdot (x^2[k] - s[k-1]),$$

berechnet, wobei  $0 < \varepsilon \ll 1$  gewählt wird.

Ein entsprechender Signalpegelwert, z.B. in dB, ergibt sich dann zu

$$p[k] = 10 \cdot \log_{10}(s[k])$$

25 Bei der Geräuschunterdrückung geht es darum, Teilsignale in Frequenzbereichen des Audiosignals abzuschwächen, in denen sich hauptsächlich nur monotone Störgeräusche befinden. Dazu werden zunächst in  $M$  separaten Frequenzbereichen  $\Phi_m$  Differenzen zwischen zeitlich aufeinanderfolgenden Maximal- und Minimalwerten der Signalpegel  $p_m$ , sogenannte Modulationstiefen  $d_m$ , ermittelt, 30 wobei  $m = 1, \dots, M$  gilt.

Für die Geräuschunterdrückung ist eine iterative Bestimmung der Signalpegel im Takte der Abtastrate des Eingangssignals nicht notwendig. Zum Einsparen von Rechenoperationen wird daher vorzugsweise mit reduzierten Abtastraten gearbeitet.

5 Dabei wird der Signalpegel  $p_m$  segmentweise für Segmente einer Länge von ca. 20-30 ms als momentaner Effektivwert der Signalleistung im entsprechenden Frequenzbereich  $\Phi_m$  gebildet. Damit kann die Geräuschunterdrückung mit einer zeitlichen Auflösung  $p_m$  beispielsweise unter 50 ms nachgeführt werden.

10 Zu Bestimmung von Maximal- und Minimalwerten werden separate Schätzwertfunktionen nachgeführt: Dazu wird in jedem Abtastintervall ein gespeicherter Maximalwert entweder um ein kleines Inkrement linear oder gemäss einer Exponentialfunktion verringert, oder es wird der aktuelle Pegelwert übernommen, falls er diesen verringerten Maximalwert übertrifft. Sinngemäß wird 15 der Minimalwert in jedem Abtastintervall um ein kleines Inkrement angehoben oder es wird der aktuelle Pegelwert übernommen, falls er den angehobenen Minimalwert unterschreitet. Die Modulationstiefe ergibt sich als Differenz zwischen diesen beiden Schätzwertgrössen. Eine kleine Modulationstiefe entsteht also bei gleichbleibender Signalenergie. Um sprunghafte Änderungen der Modulationstiefe zu vermeiden, 20 werden die so ermittelten Differenzwerte vorzugsweise noch einer Glättung unterzogen. Durch entsprechende Wahl der erwähnten Inkremente klingen die Extrema mit Zeitkonstanten im Bereich von einigen wenige Sekunden ab.

25 Für Sprache in ruhiger akustischer Umgebung nimmt die Modulationstiefe Werte von 30 dB und mehr an. Im Verkehrslärm wird der tiefe Frequenzbereich bis etwa 500 Hz oft von monotonem Störgeräusch dominiert, so dass selbst bei Vorhandensein von Sprachsignalen die Modulationstiefe in diesem Frequenzbereich bis nahe auf 0 dB sinkt. Andere Störgeräusche wiederum überdecken das Sprachsignal eher in höheren Frequenzbereichen. Vorzugsweise werden Teilsignale 30 in Frequenzbereichen  $\Phi_m$  abgeschwächt, in denen die Modulationstiefe  $d_m$  unter

einen kritischen Wert von z.B. 15 dB fällt, wobei das Ausmass der Abschwächung  $a_m$  monoton und beispielsweise linear mit kleiner werdender Modulationstiefe zunimmt.

- 5 Für eine möglichst genaue Erfassung und Trennung von Frequenzbereichen mit unterschiedlicher Modulationstiefe ist eine grosse Anzahl separater Frequenzbereiche vorteilhaft, z.B.  $M = 20$ . Für die Signalverarbeitung in so vielen schmalen Frequenzbereichen ergibt sich zwangsläufig eine lange zeitliche Verzögerung in der Größenordnung von 10 ms, die jedoch mit einem allmählichen Abschwächen und
- 10 gelegentlichen Anheben der Teilsignale in diesen Frequenzbereichen gut verträglich ist.

Die Verstärkungswerte  $g_m$  der Kompressionsverstärkung 3 und die Abschwächungswerte  $a_m$  der Geräuschunterdrückung 4 werden pro Frequenzbereich 15 kombiniert und als Steuergrößen  $c_m$  dem steuerbaren Filter 6 im Hauptsignalpfad zugeführt. Die Übertragungsfunktion des steuerbaren Filters wird bei Bedarf in jedem Abtastintervall des Eingangssignals frequenzspezifisch in einem oder einigen wenigen Frequenzbereichen nachgeführt und in allen andern Frequenzbereichen unverändert belassen.

- 20 Für den kombinierten Einsatz von Kompressionsverstärkung und Geräuschunterdrückung besteht die Möglichkeit, eine Signalanalyse in relativ vielen Frequenzbereichen  $\Phi_m$  vorzunehmen, so wie es für die Geräuschunterdrückung sinnvoll ist, und danach die Ergebnisse in geeigneter Weise bezüglich der für die 25 Kompressionsverstärkung relevanten wenigen Frequenzbereiche  $F_n$  zusammenzufassen. Der Nachteil eines solchen sequentiellen Vorgehens besteht darin, dass sich für die gesamte Signalverarbeitung eine lange Signalverzögerung in der Größenordnung von 10 ms ergibt. Vom rechnerischen Aufwand her scheinen für eine solche Realisierung insbesondere die Schnelle Fouriertransformation und die 30 inverse Schnelle Fouriertransformation attraktiv. Dabei wird das Audiosignal

nacheinander in einzelnen Segmenten mit einer Dauer von ca. 10 ms in den Frequenzbereich transformiert, analysiert und modifiziert, und anschliessend in den Zeitbereich zurück transformiert. Durch den Einsatz der segmentweisen Signalverarbeitung ergeben sich jedoch folgende weitere Nachteile: Die Signalpegel 5  $p_n$  werden als Mittelwerte in einem Segment berechnet, wodurch ein ausgeprägter Signalanstieg zu einem bestimmten Zeitpunkt nur mit der zeitlichen Auflösung eines Verarbeitungssegmentes erfasst wird. Auch die Bestimmung der einzelnen Verstärkungswerte und damit der gesamten Übertragungsfunktion erfolgt blos im Takt der aufeinanderfolgenden Segmente.

10

Vorzugsweise wird deshalb die Filterung des Eingangssignals  $X$  aufgrund einer getrennten und parallel verlaufenden Signalanalyse für die Geräuschunterdrückung wie auch für die Kompressionsverstärkung durchgeführt. Dabei werden die notgedrungen verzögert erhaltenen Koeffizienten  $a_m$  zur Geräuschunterdrückung mit 15 schneller erhaltenen Koeffizienten  $g_m$  zur Kompressionsverstärkung kombiniert, und werden mehrere der Koeffizienten  $g_m$  mit unterschiedlichen Funktionen  $f_m$  anhand desselben, optional modifizierten, Signalpegels  $p_n' = p_n - r_n$  eines Frequenzbereiches  $F_n$  zur Kompressionsverstärkung bestimmt.

20 Die kombinierte und parallele Verarbeitung geschieht im Einzelnen wie folgt: Im untersten Signalpfad durchläuft das Audiosignal ein steuerbares Filter 6, das die benötigten frequenzabhängigen Signalmodifikationen vornimmt. Die beiden oberen Signalpfade beinhalten je eine Filtereinheit, welche das Audiosignal in Teilsignale separater Frequenzbereiche aufteilen. Die erste Filtereinheit 1 bewirkt eine 25 Signalaufteilung in nur wenige,  $N$  breite Frequenzbereiche  $F_n$ , was mit geringer Signalverzögerung durchführbar ist. Die zweite Filtereinheit 2 bewirkt eine Signalaufteilung in viele,  $M$  schmale Frequenzbereiche  $\Phi_m$ , was eine lange Verzögerungszeit nach sich zieht. Dabei werden die Frequenzbereiche vorzugsweise so gewählt, dass jeder Frequenzbereich  $\Phi_m$  Teilbereich eines Frequenzbereiches  $F_n$  ist. Die Frequenzbereiche zu Kompressionsverstärkung  $F_n$  überdecken zusammen 30

vorzugsweise denselben Frequenzbereich wie die Frequenzbereiche zur Geräuschunterdrückung  $\Phi_m$ . Ein Frequenzbereich zur Kompressionsverstärkung überdeckt jeweils mehrere Frequenzbereiche zur Geräuschunterdrückung. Verhältnisse zwischen den Breiten von Frequenzbereichen und zwischen der Aufteilung von 5 Frequenzbereichen sind vorzugsweise zumindest annähernd logarithmisch.

Ein typischer Frequenzbereich für das Eingangssignal ist: 0 bis 10 kHz. Dieser wird beispielsweise in die folgenden Frequenzbereiche für die Kompressionsverstärkung und Geräuschunterdrückung unterteilt:

Kompressionsverstärkung (Hz)	Geräuschunterdrückung (Hz)
0 bis 1250	0 bis 312.5
	312.5 bis 625
	625 bis 937.5
	937.5 bis 1250
1250 bis 2500	1250 bis 1562.5
	1562.5 bis 1875
	1875 bis 2187.5
	2187.5 bis 2500
2500 bis 10000	2500 bis 3125
	3125 bis 3750
	3750 bis 4375
	4375 bis 5000
	50000 bis 6250
	6250 bis 7500
	7500 bis 10000

10

Dabei beträgt die Abtastrate beispielsweise 20 kHz und dementsprechend die Nutzbandbreite die Hälfte, also 10 kHz. In einer anderen Ausführungsform der Erfindung betragen diese Werte 16 kHz respektive 8 kHz.

In der Signalanalyse zur Geräuschunterdrückung erfolgt für jeden der M Frequenzbereiche  $\Phi_m$  eine Bestimmung des zugeordneten Signalpegels  $p_m$ , der Modulationstiefe  $d_m$  und des Abschwächungswertes  $a_m$ , wobei letzterer vorteilhafterweise in einem logarithmischen Zahlenbereich ausgedrückt wird. Die 5 Bestimmung der Modulationstiefe  $d_m$  erfolgt wie oben beschrieben nach Massgabe d.h. als Funktion des zeitlichen Verlaufs des entsprechenden Signalpegels  $p_m$ , und die Bestimmung der Koeffizienten  $a_m$  nach Massgabe der entsprechenden Modulationstiefen  $d_m$ . Die zweite Filtereinheit 2 und ein Teil der Signalverarbeitung zur Geräuschunterdrückung 4 bilden also ein Mittel zur Bestimmung von diesen 10 Größen  $p_m$ ,  $d_m$  und  $a_m$  in einer zweiten Menge von Frequenzbereichen des Eingangssignals X.

In der Signalanalyse zur Kompressionsverstärkung wird in jedem der N Frequenzbereiche  $F_n$  der Signalpegel  $p_n$  bestimmt und zwar so, dass jeder Signalwert 15 des Teilsignals  $x_n[k]$  zu einer Aktualisierung des Signalpegels beiträgt, was zu einer höheren zeitlichen Auflösung führt als bei der blosen Bestimmung eines segmentweisen Mittelwertes.

Die erste Filtereinheit 1 und ein Teil der Signalverarbeitung zur 20 Kompressionsverstärkung 3 bilden also ein Mittel zur Bestimmung von Signalpegeln in einer ersten Menge von Frequenzbereichen des Eingangssignals X. Danach werden für alle M Frequenzbereiche  $\Phi_m$  Verstärkungswerte

$$g_m = f_m(p_n')$$

bestimmt, wobei jeder modifizierte Signalpegel  $p_n'$ , also die um die Korrekturwerte 25  $r_1..r_N$  verringerten Pegel, zur Bestimmung der Verstärkungswerte in all jenen Frequenzbereichen  $\Phi_m$  benutzt wird, die zusammengefügt den Frequenzbereich  $F_n$  ergeben. Die Korrekturwerte  $r_n$  berücksichtigen eine etwaige Abschwächung der Signalleistungen infolge der Geräuschunterdrückung.

Jeder der Verstärkungswerte  $g_m$  mit  $m = 1..M$  ist also einem Frequenzbereich  $\Phi_m$  zugeordnet. Mit der Festlegung von M verschiedenen Verstärkungswerten für die schmalen Frequenzbereiche  $\Phi_m$  ist die Kompressionsverstärkung in der erfindungsgemäss kombinierten Signalverarbeitung zugleich auch mit einer wesentlich flexibleren Übertragungsfunktion, also mit M statt nur N Funktionen  $f_m$ , realisierbar, als wenn blass ein Verstärkungswert für jeden breiten Frequenzbereich  $F_n$  festgelegt würde. Die Verstärkungswerte  $g_m$  werden wiederum vorzugsweise in einem logarithmischen Zahlenbereich ausgedrückt. Die Funktionen  $f_m$  legen frequenzspezifisch in Abhängigkeit des Signalpegels eine gewünschte frequenzspezifische Verstärkung nach audiologischen Prinzipien fest.

Die M Verstärkungs- und Abschwächungswerte gelangen zur Kombination 5 von Verstärkungen und Abschwächungen, wo sie in jedem Frequenzbereich  $\Phi_m$  separat kombiniert werden, was bei Verwendung eines logarithmischen Zahlenbereichs durch einfache Subtraktion erfolgt:

$$c_m = g_m - a_m.$$

Die M kombinierten logarithmischen Verstärkungswerte  $c_m$  gelangen zum steuerbaren Filter 6, wo sie in lineare Verstärkungswerte  $\gamma_m$  transformiert werden. Das steuerbare Filter 6 mit Übertragungsfunktion  $H(z)$  lässt sich aus M parallelen Filtern zusammensetzen, deren Übertragungsfunktionen  $H_m(z)$  jeweils nur im Frequenzbereich  $\Phi_m$  eine Durchlass- und in allen andern Frequenzbereichen eine Sperrcharakteristik aufweisen und zur Erreichung der gewünschten frequenzabhängigen Modifikation des Audiosignals X je mit dem linearen Verstärkungswert  $\gamma_m$  multipliziert werden

$$H(z) = \gamma_1 \cdot H_1(z) + \gamma_2 \cdot H_2(z) + \dots + \gamma_M \cdot H_M(z).$$

Für eine Aktualisierung des steuerbaren Filters 6 im Takt der Abtastrate des Audiosignals X ist diese elementare Beziehung nicht geeignet, weil der Rechenaufwand und die damit verbundene Leistungsaufnahme einer integrierten Schaltung viel zu gross wären. Sie eignet sich blass für eine segmentweise

Nachführung, was aber wegen der reduzierten zeitlichen Auflösung in der hier beispielhaft gezeigten Ausführung nicht optimal ist.

Um eine bessere zeitliche Auflösung zu erreichen, wird die Übertragungsfunktion 5  $H(z)$  des steuerbaren Filters 6 vorzugsweise in jedem Abtastintervall  $k$  iterativ aktualisiert gemäss

$$H(z)[k] = H(z)[k - 1] + \delta H(z)[k],$$

wobei die Grösse  $\delta H(z)[k]$  für die exakte Aktualisierung des steuerbaren Filters 6 in einem oder allenfalls einigen wenigen Frequenzbereichen  $\Phi_m$  steht. Im Falle der 10 Aktualisierung in einem einzigen Frequenzbereich  $\Phi_m$  gilt folglich

$$\delta H(z)[k] = (\gamma_m[k] - \gamma_m[\kappa_m]) \cdot H_m(z),$$

wobei  $\kappa_m$  jenes Abtastintervall bezeichnet, in dem der Frequenzbereich  $\Phi_m$  das letzte 15 Mal aktualisiert wurde. Es werden also in den vorgegebenen regelmässigen Abtast- respektive Zeitintervallen, vorzugsweise mit der Abtastrate des Eingangssignals, nicht alle, sondern nur ausgewählte Koeffizienten angepasst, vorzugsweise genau einer.

Für die Wahl des oder der in einem bestimmten Abtastintervall zu aktualisierenden Frequenzbereiche  $\Phi_m$  bieten sich grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten an. Es 20 kann z.B. jeweils jener Frequenzbereich  $\Phi_m$  aktualisiert werden, für den  $|c_m[k] - c_m[\kappa_m]|$  maximal ist oder jene Frequenzbereiche  $\Phi_m$ , in denen diese Grössen einen bestimmten Schwellwert, z.B. 1 dB, überschreiten. Eine wiederum andere Möglichkeit besteht darin, dass  $m$  einfach immer wieder von neuem alle Werte von 1 bis  $M$  systematisch oder pseudozufällig durchläuft.

25

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird mittels der Korrekturwerte  $r_1..r_n$  der folgende Sachverhalt berücksichtigt: Die Geräuschunterdrückung ermittelt Abschwächungswerte, die nur von den Modulationstiefen, jedoch nicht von den Signalpegeln selbst abhängen, wie es für Normalhörende 30 richtig ist. Hörbehinderte, deren subjektive Empfindung der Lautheit jedoch im

allgemeinen in nichtlinearer Weise mit dem Signalpegel anwächst, werden folglich eine Signalabschwächung um einen festen Wert  $a_m$  je nach Signalpegel als unterschiedlich ausgeprägt wahrnehmen. In einer seriellen Verarbeitung, also bei einer Geräuschunterdrückung mit daran anschliessender Kompressionsverstärkung, 5 würde dieser Effekt automatisch korrigiert. Da hier aber eine parallele Verarbeitung stattfindet, werden die Korrekturwerte  $r_1..r_n$  von der Geräuschunterdrückung an die Kompressionsverstärkung übermittelt, um diese Korrektur vorzunehmen. Es werden also in der Signalanalyse zur Geräuschunterdrückung abschwächungsbedingte Korrekturwerte  $r_n$  für die  $N$  Signalpegel der Kompressionsverstärkung bestimmt und 10 die Berechnung der Verstärkungswerte erfolgt mit Signalpegeln, die um diese Korrekturwerte vermindert sind. Es wird also die Kompressionsverstärkung nach Massgabe der Geräuschunterdrückung korrigiert. Damit wird erreicht, dass die mittels Geräuschunterdrückung für den Normalhörenden optimal aufbereiteten 15 Signale individuell richtig in den Hörbereich eines jeden Hörbehinderten abgebildet werden.

Konkret bedeutet dies, dass für jeden Frequenzbereich  $\Phi_m$  zusätzlich zur bereits vorhandenen Signalleistung  $s[k]$  auch noch eine infolge der frequenzspezifischen Geräuschunterdrückung reduzierte Signalleistung  $u[k]$  berechnet wird. Für die in 20 einem Frequenzbereich  $F_n$  enthaltenen Frequenzbereiche  $\Phi_m$  werden die  $s[k]$  und die  $u[k]$  separat addiert. Aus dem logarithmischen Verhältnis der beiden Summen wird die bezüglich  $F_n$  gültige logarithmische Korrekturgrösse  $r_n$  erhalten.

Figur 3 zeigt ein Blockdiagramm für eine entsprechende Signalverarbeitung, wie sie 25 in der Signalverarbeitung zur Geräuschunterdrückung 4 zur Bestimmung der Korrekturgrössen  $r_n$  stattfindet. Es ist ein Fall dargestellt, wo drei Frequenzbereiche  $\Phi_m$  der Geräuschunterdrückung in einem Frequenzbereich der Kompressionsverstärkung enthalten sind. In einem Block 31 wird in bekannter Weise eine Signalleistung  $s[k]$  auf Signalpfad 38 bestimmt und daraus in Block 32 ein 30 Signalpegel, und aus diesem in Block 33 eine Modulationstiefe  $d_m$  und daraus in

Block 34 ein Abschwächungswert  $a_m$ . In Block 35 wird der logarithmische Abschwächungswert  $a_m$  linear skaliert und durch Multiplikation mit der Signalleistung  $s[k]$  wird die reduzierte Signalleistung  $u[k]$  auf Signalpfad 36 berechnet.

5

Die reduzierte Signalleistung  $u[k]$  wird für jeden der drei Frequenzbereiche, also für  $y_m$ ,  $y_{m+1}$ ,  $y_{m+2}$  parallel berechnet und in Knoten 37 summiert. Sie Signalleistungen  $s[k]$  der drei Frequenzbereiche wird im Summationspunkt 39 summiert. Die Summen werden in den Blöcken 40 respektive 41 logarithmisch skaliert und in der 10 Subtraktion 41 wird als Differenz der Korrekturwert  $r_n$  gebildet.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist bevorzugt zumindest teilweise als analoge Schaltung oder mikroprozessorbasiert oder unter Verwendung von 15 applikationsspezifischen integrierten Schaltungen oder mit einer Kombination dieser Techniken implementiert.

**BEZUGSZEICHENLISTE**

1        erste Filtereinheit  
2        zweite Filtereinheit  
5    3        Signalverarbeitung zur Kompressionsverstärkung  
      4        Signalverarbeitung zur Geräuschunterdrückung  
      5        Kombinationseinheit  
      6        steuerbares Filter  
      7        Mittel zur Bestimmung einer Kompressionsverstärkung  
10    8        Mittel zur Bestimmung einer Geräuschunterdrückung  
      X        Eingangssignal  
      Y        Ausgangssignal  
      21        Leistungsbildung  
      22        Pegelberechnung, logarithmische Skalierung  
15    23        Subtraktion  
      24, 24', 24" Verstärkungsfunktion  
      31        Leistungsbildung  
      32, 40, 41 Pegelberechnung, logarithmische Skalierung  
      33        Modulationstiefenbestimmung  
20    34        Abschwächungswertbestimmung  
      35        lineare Skalierung  
      36        reduzierte Signalleistung  $u[k]$   
      37, 39      Summation  
      38        Signalleistung  $s[k]$   
25    42        Subtraktion

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**PATENTANSPRÜCHE**

1. Vorrichtung zur Signalverarbeitung in einem Hörgerät, aufweisend ein Filter (6) zur frequenzabhängigen Amplitudenanpassung eines Eingangssignals (X) und Mittel zur Anpassung von Koeffizienten dieses Filters (6) nach Massgabe des Eingangssignals (X),  
5 dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung aufweist  
ein Mittel zur Bestimmung von Koeffizienten einer Kompressionsverstärkung  $g_m$  welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals (X) nach Massgabe von frequenzabhängigen Signalpegeln  $x_n$  des Eingangssignals (X)  
10 beschreiben,  
ein Mittel zur Bestimmung von Koeffizienten einer Geräuschunterdrückung  $a_m$ , welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals (X) nach Massgabe von im Eingangssignal (X) detektierten Störgeräuschen beschreiben,  
wobei das Mittel zur Anpassung von Koeffizienten des Filters (6) diese  
15 Koeffizienten aus den Koeffizienten der Kompressionsverstärkung  $g_m$  und den Koeffizienten der Geräuschunterdrückung  $a_m$  ermittelt.
2. Vorrichtung gemäss Anspruch 1, wobei das Mittel zur Bestimmung von Koeffizienten der Kompressionsverstärkung  $g_m$  aufweist ein Mittel zur Bestimmung von Signalpegeln  $p_n$  in einer ersten Menge von Frequenzbereichen  $F_n$  mit  $n=1..N$  des Eingangssignals (X) und ein Mittel zur Bestimmung der Koeffizienten  $g_m$  zur Kompressionsverstärkung für jeden einer zweiten Menge von Frequenzbereichen  $\Phi_m$  mit  $m=1..M$  des Eingangssignals (X) als Funktion eines dem Frequenzbereich  $\Phi_m$  zugeordneten optional modifizierten  
20 Signalpegels  $p_n$ .
- 25 3. Vorrichtung gemäss Anspruch 2, wobei das Mittel zur Bestimmung von Signalpegeln  $p_n$  diese iterativ als momentane Effektivwerte einer Signalleistung im entsprechenden Frequenzbereich  $F_n$  bildet.

4. Vorrichtung gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Mittel zur Bestimmung von Koeffizienten der Geräuschunterdrückung  $a_m$  aufweist Mittel zur Bestimmung von Modulationstiefen  $d_m$  in einer zweiten Menge von Frequenzbereichen  $\Phi_m$  mit  $m=1..M$  des Eingangssignals (X) und ein Mittel zur Bestimmung der Koeffizienten  $a_m$  zur Geräuschunterdrückung für jeden der Frequenzbereiche  $\Phi_m$  des Eingangssignals (X) nach Massgabe der entsprechenden Modulationstiefen  $d_m$ .  
5
5. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei  $N < M$  ist und mindestens einer der Frequenzbereiche  $F_n$  zur Kompressionsverstärkung mindestens zwei der Frequenzbereiche  $\Phi_m$  zur Geräuschunterdrückung umfasst.  
10
6. Vorrichtung gemäss Anspruch 5, wobei die Signalverarbeitung zur Kompressionsverstärkung 3 dazu ausgebildet ist, jeden Koeffizienten  $g_m$  zur Kompressionsverstärkung jeweils als  $g_m = f_m(p_n)$  zu bestimmen, wobei  $p_n$  der optional modifizierte Signalpegel desjenigen Frequenzbereiches  $F_n$  zur Kompressionsverstärkung ist, der den Frequenzbereich  $\Phi_m$  zur Geräuschunterdrückung umfasst, und  $f_m$  eine von  $M$  Funktionen ist, die in ihrer Gesamtheit eine frequenzabhängige Kompressionsverstärkung bestimmen.  
15
7. Vorrichtung gemäss Anspruch 6, wobei die miteinander kombinierten Koeffizienten  $a_m$  und  $g_m$  logarithmisch skaliert sind und ihre Kombination durch Subtraktion einen kombinierten logarithmischen Verstärkungswert  $c_m = g_m \cdot a_m$  bildet.  
20
8. Vorrichtung gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Mittel zur Anpassung von Koeffizienten des Filters (6) dazu ausgebildet ist, in vorgegebenen Zeitintervallen nicht alle, sondern nur ausgewählte Koeffizienten anzupassen.  
25

9. Vorrichtung gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, aufweisend Mittel (23,35,36,37,38,39,40,41,42) zur Korrektur der Kompressionsverstärkung (3) durch Modifikation der Signalpegel  $p_n$  nach Massgabe der Geräuschunterdrückung.

5

10. Verfahren zur Signalverarbeitung in einem Hörgerät, in welchem Koeffizienten eines Filters (6) zur frequenzabhängigen Amplitudenanpassung eines Eingangssignals (X) nach Massgabe dieses Eingangssignals (X) angepasst werden, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

10

- Bestimmen von Koeffizienten einer Kompressionsverstärkung  $g_m$ , welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals (X) nach Massgabe von frequenzabhängigen Signalpegeln des Eingangssignals (X) beschreiben,
- Bestimmen von Koeffizienten einer Geräuschunterdrückung  $a_m$ , welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals (X) nach Massgabe von im Eingangssignal detektierten Störgeräuschen beschreiben, und
- Berechnen der Koeffizienten des Filters (6) aus den Koeffizienten der Kompressionsverstärkung  $g_m$  und den Koeffizienten  $a_m$  der Geräuschunterdrückung.

15

11. Verfahren gemäss Anspruch 10, wobei zur Bestimmung von Koeffizienten der Kompressionsverstärkung  $g_m$  in einer ersten Menge von Frequenzbereichen  $F_n$  jeweils zugeordnete Signalpegel  $p_n$  mit  $n=1..N$  des Eingangssignals (X) bestimmt werden, und die Koeffizienten der Kompressionsverstärkung  $g_m$  für jeden einer zweiten Menge von Frequenzbereichen  $\Phi_m$  mit  $m=1..M$  des Eingangssignals (X) als Funktion eines dem Frequenzbereich  $\Phi_m$  zugeordneten Signalpegels  $p_n$  bestimmt werden.

20

25

12. Verfahren gemäss Anspruch 11, wobei ein Signalpegel  $p_n$  jeweils iterativ als momentaner Effektivwert einer Signalleistung im entsprechenden Frequenzbereich  $F_n$  berechnet wird.

5 13. Verfahren gemäss einem der Ansprüche 10 bis 11, wobei zur Bestimmung von Koeffizienten der Geräuschunterdrückung  $a_m$  in einer zweiten Menge von Frequenzbereichen  $\Phi_m$  mit  $m=1..M$  des Eingangssignals (X) Modulationstiefen  $d_m$  bestimmt werden und die Koeffizienten  $a_m$  für jeden der Frequenzbereiche  $\Phi_m$  nach Massgabe der entsprechenden Modulationstiefe  $d_m$  bestimmt werden, wobei die Modulationstiefen  $d_m$  aus einer zeitlichen Reihenfolge von Maximal- und Minimalwerten eines Signalpegels  $p_m$  im jeweiligen Frequenzbereich  $\Phi_m$  bestimmt werden, und der Signalpegel  $p_m$  in einem Frequenzbereich  $\Phi_m$  als Effektivwert der Signalleistung im entsprechenden Frequenzbereich  $\Phi_m$  gebildet wird.

10 15

14. Verfahren gemäss Anspruch 13, wobei für jede Modulationstiefe  $d_m$ , die einen vorgegebenen Wert übersteigt, der zugeordnete Koeffizient  $a_m$  null ist, und für Werte der Modulationstiefe  $d_m$  unterhalb des vorgegebenen Wertes mit abnehmender Modulationstiefe  $d_m$  der Koeffizient  $a_m$  monoton wächst.

20 15. Verfahren gemäss Anspruch 10-14, wobei mindestens einer der Frequenzbereiche  $F_n$  zur Kompressionsverstärkung mindestens zwei der Frequenzbereiche  $\Phi_m$  zur Geräuschunterdrückung umfasst, und jeder Koeffizient  $g_m$  zur Kompressionsverstärkung jeweils als  $g_m = f_m(p_n)$  bestimmt wird, wobei  $p_n$  der Signalpegel desjenigen Frequenzbereiches  $F_n$  zur Kompressionsverstärkung ist, der den Frequenzbereich  $\Phi_m$  zur Geräuschunterdrückung umfasst, und  $f_m$  eine von  $M$  Funktionen ist, die in ihrer Gesamtheit eine frequenzabhängige Kompressionsverstärkung bestimmen, und wobei die Koeffizienten  $a_m$  und  $g_m$  logarithmisch skaliert sind und ihre Kombination durch Subtraktion einen kombinierten logarithmischen Verstärkungswert  $c_m = g_m - a_m$  bildet.

25 30

16. Verfahren gemäss Anspruch 10-15, wobei die Koeffizienten des Filters (6) in regelmässigen Zeitabständen aufdatiert werden, bei jedem Aufdatieren aber nicht alle, sondern nur wenige der Koeffizienten aufdatiert werden, insbesondere nur jene Koeffizienten, deren Änderung am grössten ist oder einen vorgegebenen Wert überschreitet.

5

17. Verfahren gemäss Anspruch 16, wobei die kombinierten Koeffizienten des Filters (6)  $c_m$  im Filter (6) in lineare Werte  $\gamma_m$  transformiert werden und eine iterative, frequenzspezifische Aktualisierung einer Übertragungsfunktion des Filters (6) gemäss  $H(z)[k] = H(z)[k - 1] + \sum_m (\gamma_m[k] - \gamma_m[k_m]) \cdot H_m(z)$  erfolgt, wobei  $H_m(z)$  nur im Frequenzbereich  $\Phi_m$  Durchlass- und sonst Sperrcharakteristik aufweist,  $k_m$  ein Abtastintervall bezeichnet, in dem die Übertragungsfunktion für den Frequenzbereich  $\Phi_m$  zum letzten Mal aktualisiert wurde, und eine Summation  $\sum_m$  in einem Abtastintervall  $k$  jeweils nur einen oder einige wenige der insgesamt  $M$  Frequenzbereiche umfasst.

10

15

18. Verfahren gemäss Anspruch 10-17, wobei die Bestimmung von Koeffizienten der Kompressionsverstärkung  $g_m$  unter Berücksichtigung der Werte der Koeffizienten der Geräuschunterdrückung  $a_m$  geschieht.

20

19. Verfahren gemäss Anspruch 18, wobei die Koeffizienten der Kompressionsverstärkung aus modifizierten Signalpegeln  $p_n'$  anstelle der Signalpegel  $p_n$  bestimmt werden, wobei  $p_n' = p_n - r_n$  ist, und  $r_n$  logarithmisch skalierte Korrekturwerte sind, die einer durch die Geräuschunterdrückung verursachten Signalabschwächung entsprechen.

25

20. Hörgerät, aufweisend Mittel zur Ausführung des Verfahrens gemäss einem der Ansprüche 10 bis 19.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## ZUSAMMENFASSUNG

In einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Signalverarbeitung in einem Hörgerät, in welchem Koeffizienten eines Filters (6) zur frequenzabhängigen Amplitudenanpassung eines Eingangssignals (X) nach Massgabe dieses

5 Eingangssignals (X) angepasst werden, werden die folgenden Schritte durchgeführt:

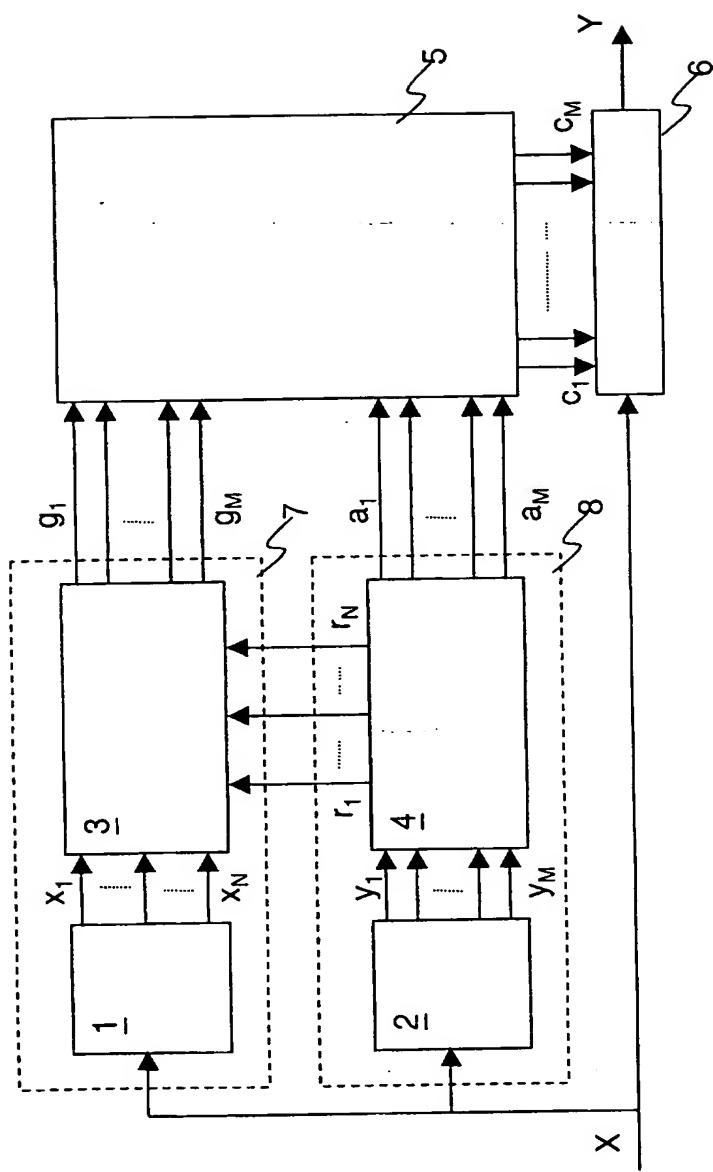
- Bestimmen von Koeffizienten einer Kompressionsverstärkung  $g_m$ , welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals (X) nach Massgabe von frequenzabhängigen Signalpegeln des Eingangssignals (X) beschreiben,
- Bestimmen von Koeffizienten einer Geräuschunterdrückung  $a_m$ , welche eine frequenzabhängige Anpassung des Eingangssignals (X) nach Massgabe von im Eingangssignal detektierten Störgeräuschen beschreiben, und
- Berechnen der Koeffizienten des Filters (6)  $c_m$  aus den Koeffizienten der Kompressionsverstärkung  $g_m$  und den Koeffizienten  $a_m$  der Geräuschunterdrückung.

10 15 Es wird dabei nur ein einziges steuerbares Filter sowohl zur Kompressionsverstärkung als auch zur Geräuschunterdrückung verwendet und wird eine Verzögerungszeit für die Filterung des Eingangssignals klein gehalten.

(Figur 1)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Fig. 1



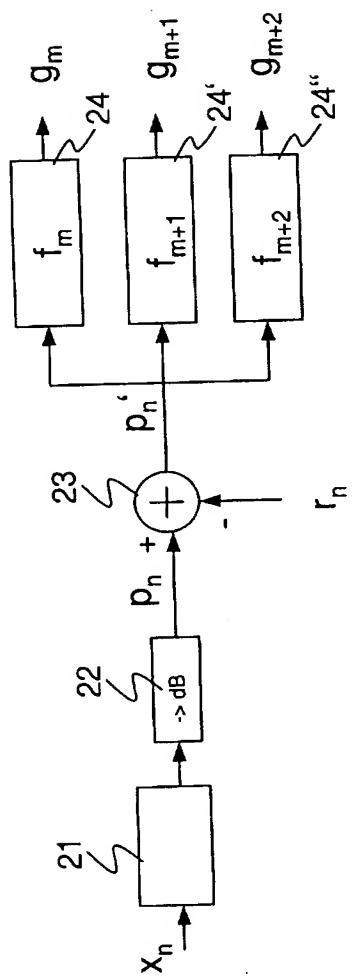


Fig. 2

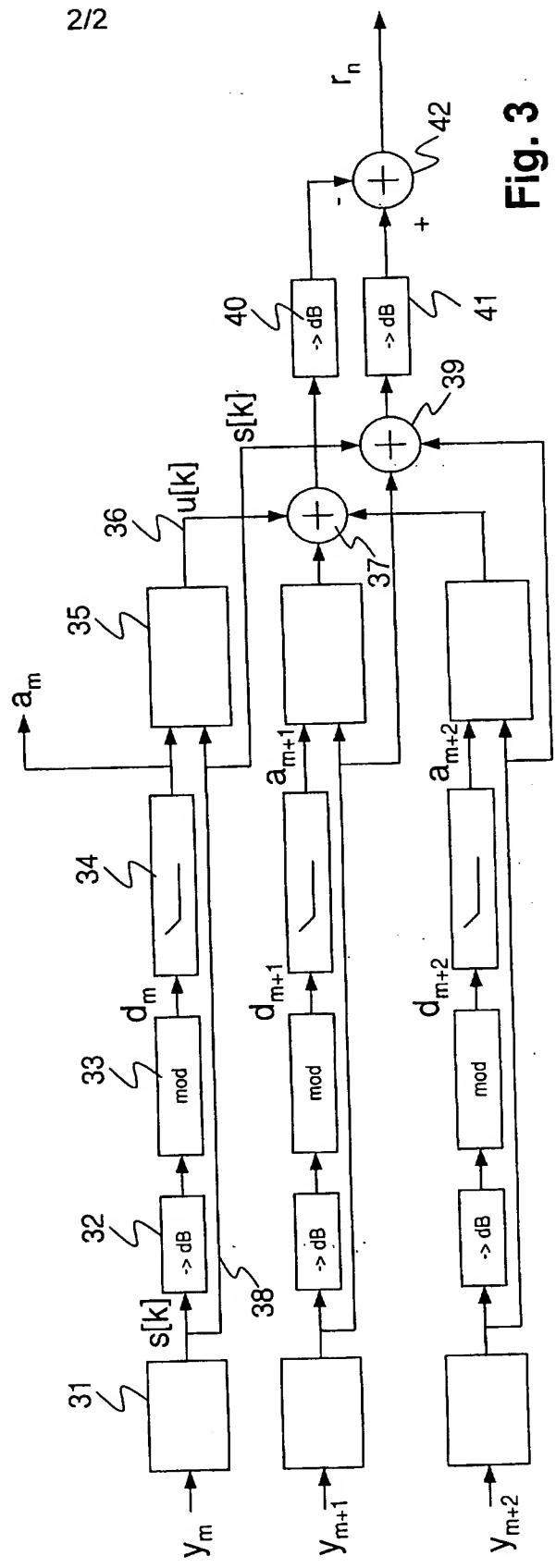


Fig. 3